

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-263979

(43)Date of publication of application : 13.10.1995

(51)Int.Cl.

H03F 3/60

(21)Application number : 06-048295 (71)Applicant : FUJITSU LTD

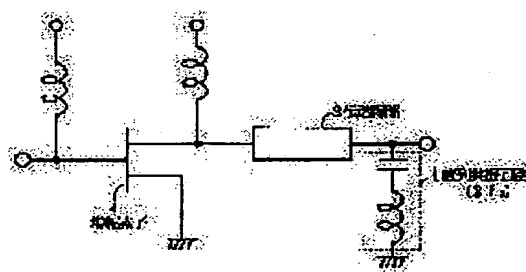
(22)Date of filing : 18.03.1994 (72)Inventor : MANIWA TORU

(54) HIGH FREQUENCY AMPLIFIER

(57)Abstract:

PURPOSE: To miniaturize the device and to increase the frequency to be covered by the device by converting an impedance, for which an output load and an impedance in the basic wave of a serial resonance circuit are synthesized, to an impedance which maximizing the efficiency of an amplifying element.

CONSTITUTION: This device is provided with a serial resonance circuit 1 to be resonated at a double frequency while being parallelly connected to the output load and a transmission line 2 for a certain length to convert the impedance, for which the output load and the impedance in the basic wave of the circuit 1 are synthesized, to the impedance which maximizes the efficiency of an element 3. Namely, the synthetic impedance of the output load and the impedance in a basic wave f_0 of the double wave serial resonance circuit 1 is from a point O of the output load to a point A1. Further, since the transmission line 2 executes phase rotation just for an impedance Z1, an impedance point K of the basic wave f_0 to apply maximum efficiency can be provided. Therefore, when the length of the line 2 and the level of the impedance corresponding to the basic wave f_0 of the circuit 1 are matched with the load conditions of the basic wave f_0 , the phase of the f_0 is operated with high efficiency at the point K.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the amplifier which amplifies a RF efficient about the high-frequency amplifier.

[0002] Since harmonic content is contained in the output signal of the high-frequency amplifier, in order to make the magnification effectiveness high, odd harmonics is considered as a short circuit (short), and it is necessary to take out only a fundamental-wave component as much as possible out of this harmonic content, and to carry out magnification actuation by considering the eventh higher harmonic as disconnection (opening).

[0003]

[Description of the Prior Art] As amplifier for making it operate at effectiveness high as mentioned above, Class F amplifier as conventionally shown in drawing 17 is known.

[0004] In this Class F amplifier, the coils 35 and 36 for bias were connected to the amplifier (FET) 31, and that bias is set up near the pinch-off.

[0005] And while connecting the transmission line 32 of the quarter-wave length of a fundamental wave to this amplifier 31 and connecting the fundamental-wave parallel resonant circuit 33 to this transmission line 32, the fundamental-wave matching circuit 34 is connected to the latter part so that the load conditions of a higher harmonic may not be affected.

[0006] In this case, in the higher harmonic more than a two-times wave, it can be considered mostly that a parallel resonant circuit 33 is a short circuit. Moreover, since a two-times wave and the 3 time wave are large and the harmonic content contained in the output of amplifier should usually take into consideration only a two-times wave or a two-times wave, and a 3 time wave, it explains a two-times wave and a 3 time wave.

[0007] Since it is opened at the middle point B of the transmission line 32 in the case of a two-times wave, a load is made into a short circuit condition in the output terminal of an amplifier 31, and in the case of a 3 time wave, since it serves as opened by 1/3-point C of the transmission line 32 and it serves as a short circuit by 1/3 point A, a load can be made into an open condition in the output terminal of an amplifier 31.

[0008] Thereby, a higher harmonic is not given to the fundamental-wave matching circuit 34, but only a fundamental wave is given, it has consistency with a load, and the maximum output is taken out.

[0009] Moreover, while inserting the wave parallel resonant circuit 37 3 times between an amplifier 31 and the fundamental-wave matching circuit 34 in the case of the conventional example shown in drawing 18, the two-times wave series resonant circuit 38 is connected between the node of this parallel resonant circuit 37 and a

matching circuit 34, and touch-down potential.

[0010] Therefore, since a two-times wave will be in a short circuit condition through the coil of the wave resonance circuit 37 in a series resonant circuit 38 3 times, a load is short-circuited in the output terminal of an amplifier 31, and in the case of a 3 time wave, since it is prevented in a parallel resonant circuit 37, it will be in an open condition by the output terminal of an amplifier 31.

[0011] Furthermore, in the case of the conventional example of drawing 19, the 1/12-wave transmission line 39 and the 1/6-wave transmission line 40 were connected between the fundamental-wave matching circuit 34 in drawing 18, and the output terminal of an amplifier 31, and the wave series resonant circuit 41 is connected 3 times between the node of these transmission lines 39 and 40, and touch-down potential.

[0012] Therefore, since a two-times wave connects too hastily similarly also in this case in the two-times wave resonance circuit 38 and a wave connects too hastily 3 times 3 times in the wave resonance circuit 41, as a result of going via the transmission lines 40 and 39, in the output terminal of an amplifier 31, a two-times wave will be in a short circuit condition, and a wave will be in an open condition 3 times.

[0013] Thus, only the fundamental-wave component in the RF signal inputted is amplified, and it is outputted via the fundamental-wave matching circuit 34.

[0014]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, the conventional amplifier has prepared independently the resonance circuit to a fundamental wave, a second harmonic, and third harmonic, respectively. Moreover, since it was the circuit where the fundamental-wave matching circuit, the higher-harmonic-resonance circuit, and the bias circuit that supplies a power source to an amplifier also became independent, the miniaturization of a circuit was difficult.

[0015] Moreover, since the matching circuit of a fundamental wave had to be established in the location more distant than a higher-harmonic processing circuit from amplifier so that the load conditions of a higher harmonic might not be affected, it had the trouble that it was difficult to take a large band.

[0016] Then, this invention aims at realizing the high-frequency amplifier which attained the miniaturization of a circuit and attained broadband-ization by bringing a fundamental-wave load circuit close to an amplifier by summarizing a fundamental-wave matching circuit and a higher-harmonic load circuit to one.

[0017]

[Means for Solving the Problem and its Function]

This invention (the 1) : [1] In drawing 1 and drawing 7 (1) means: this invention The series resonant circuit 1 which parallel connection is carried out to an output load, and resonates on a two-times wave frequency as shown in drawing 1, It has the transmission line 2 which has the die length which changes the impedance which was connected between the amplifier 3 and this output load, and compounded this output load and the impedance in the fundamental wave of this series resonant circuit 1 into the impedance from which the effectiveness of this amplifier 3 becomes max.

[0018] (2) Operation : the configuration of this invention (the 1) shown in drawing 1 is taking only the two-times wave into consideration with the easiest configuration for improving amplifier effectiveness.

[0019] Usually, since it is difficult to make a big inductor, as for the two-times wave series resonant circuit 1, a capacity component becomes large. Therefore, even if resonance frequency separates a few from a two-times wave, it will be in a short

circuit condition enough.

[0020] For example, a load required for a fundamental wave comes to be shown in the Smith chart of drawing 7. Namely, fundamental wave f_0 of the point O of an output load to an output load, and the two-times wave series resonant circuit 1. The synthetic impedance with the impedance which can be set serves as a point A1. Fundamental wave f_0 which gives the maximum effectiveness currently beforehand searched for in the experiment etc. when phase rotation for impedance Z 1 minute is further performed to this by the transmission line 2. It becomes the impedance point K.

[0021] Thus, the die length of the transmission line 2 and the fundamental wave f_0 of a series resonant circuit 1. It is a fundamental wave f_0 about the magnitude of the receiving impedance. If it is made to suit load conditions, the phase of a fundamental wave f_0 can serve as a location of the point K of drawing 7, and can carry out efficient actuation of this high-frequency amplifier.

[0022] the above-mentioned case -- fundamental wave f_0 about -- although the load conditions which acquire the maximum effectiveness were shown -- two-times wave $2f_0$ since the phase range about power addition effectiveness came to be shown in drawing 14 -- this two-times wave $2f_0$. A case must also examine whether efficient actuation is obtained.

[0023] When carrying out phase rotation by the transmission line 2 as mentioned above, it is 0.2f of two-times waves. A load is 0 like illustration 2f of two-times waves seen from the impedance point R1 in the two-times wave of a series resonant circuit 1 to the amplifier 3. Phase rotation which corresponds the twice of a fundamental wave to the impedance point R2 is performed. In the example of illustration, the phase of the impedance point R2 is about 100 degrees.

[0024] On the other hand, drawing 14 shows the power addition effectiveness over the phase of the two-times wave of the amplifiers 3, such as FET, although the phase of effectiveness is bad at nearly 180 degrees, it takes for becoming small from 100 degrees, and effectiveness is good. And although effectiveness becomes good slightly at 100 degrees or less if a phase becomes small, it is 1 mere%.

[0025] Therefore, it will be said that what is necessary is just to make the phase of a two-times wave into the phase of 100 degrees or less in this case, and it turns out that the impedance point R2 shown in drawing 7 is filling this.

[0026] This invention (the 2) : [2] In drawing 2 and drawing 8 (1) means: this invention. The series resonant circuit 1 which parallel connection is carried out to an output load, and resonates on a two-times wave frequency as shown in drawing 2, The transmission line 4 which has the predetermined die length which connects between an amplifier 3 and this output load, and carries out impedance conversion, An end is connected to the output terminal of this amplifier 3, and the other end short-circuits in RF. The load of a fundamental wave is given by forming the bias transmission line 5 which has the wavelength way which changes the impedance which cooperated with this transmission line 4 and compounded this output load and the impedance in the fundamental wave of this series resonant circuit 1 into the impedance from which the effectiveness of this amplifier 3 becomes max.

[0027] (2) Operation : there is a thing called the amount of oppression of a higher harmonic in the property needed for the high-frequency amplifier, and this large may have to be taken. In this case, even if it makes resonance frequency of the two-times wave series resonant circuit 1 equal to a two-times wave, the load of a fundamental wave will shift from the target point K.

[0028] Then, in addition to the transmission line 4, the end of the bias transmission line 5 is short-circuited in RF like drawing 2, and it connects with the output of an

amplifier 3, and amplifier can be constituted if it determines that the die length will fill the load of a fundamental wave. die length does not affect the phase of a two-times wave -- as (for example, nearly $1/8$ wave of a fundamental wave) -- it carries out.

[0029] When the Smith chart of drawing 8 explains this, it is the fundamental wave f_0 of the point O of an output load to an output load, and the two-times wave series resonant circuit 1. The synthetic impedance with the impedance which can be set serves as a point A2. When phase rotation for impedance Z 21 minutes is further performed to this by the transmission line 4, it becomes impedance point B-2.

[0030] If real part is still more fixed like illustration from this point B-2 and only imaginary part is changed by existence of the bias transmission line 5 for impedance Z 22 minutes, it will result in the impedance point K of giving the above-mentioned maximum effectiveness.

[0031] In addition, a two-times wave and the load conditions about a 3 time wave are not shown in drawing 8 for simplification.

[0032] This invention (the 3) : [3] In drawing 3 and drawing 9 (1) means: this invention The series resonant circuit 6 which parallel connection is carried out to an output load, and resonates on a wave frequency 3 times as shown in drawing 3 , The 1st and 2nd transmission lines 7 and 8 by which series connection was carried out between the amplifier (3) and this output load, The series resonant circuit 1 which parallel connection is carried out to this output load in the node of both the transmission lines, and resonates on a two-times wave frequency, The impedance to which a preparation and these 1st and 2nd transmission lines 7 and 8 compounded the impedance in this output load and the fundamental wave of this 3 time wave series resonant circuit 6 is changed by this 1st transmission line 7. The impedance which furthermore compounded the changed this impedance and the impedance in the fundamental wave of this two-times wave series resonant circuit 1 has the die length changed into the impedance from which the effectiveness of this amplifier 3 serves as max by this 2nd transmission line 8, respectively.

[0033] (2) Operation : in the above-mentioned case, although only the effect of a two-times wave was taken into consideration, it is $0.3f$ of 3 time waves. What is necessary is just to add the series resonant circuit 6 which resonates on a wave 3 times as shown in drawing 3 to the configuration of drawing 1 , in also taking the conditions of the amount of oppression into consideration.

[0034] As mentioned above, since the capacity component is larger, the precision of the frequency to 0 is seldom needed $3f$ of waves 3 times in a series resonant circuit. Although the load conditions over a 3 time wave are disconnection (phase of 0 degree) mostly, rotation of a phase is a fundamental wave f_0 . If a circuit is constituted so that it may become the phase of a two-times wave as received, and shown in drawing 14 , since it is 3 times, the phase of a wave will become almost sufficient value 3 times.

[0035] if the Smith chart of drawing 9 explains this -- fundamental wave f_0 of the point O of an output load to an output load, and the 3 time wave series resonant circuit 6 The synthetic impedance with the impedance which can be set serves as point A3. When phase rotation for impedance Z 31 minutes is further performed to this by the 1st transmission line 7, it becomes the impedance point B3.

[0036] The impedance of this point B3, and fundamental wave f_0 of the two-times wave series resonant circuit 1 The synthetic impedance with the impedance which can be set serves as a point C3. When phase rotation for impedance Z 33 minutes is further performed to this by the 2nd transmission line 8, it results in the impedance

point K of giving the above-mentioned maximum effectiveness.

[0037] In addition, a two-times wave and the load conditions about a 3 time wave are not shown for simplification of this drawing 9.

[0038] [4] This invention (the 4) : as drawing 4 and drawing 10 (1) means: this invention are shown in drawing 4 The series resonant circuit 6 which parallel connection is carried out to an output load, and resonates on a wave frequency 3 times, The 1st and 2nd transmission lines 7 and 8 by which series connection was carried out between the amplifier 3 and this output load, The series resonant circuit 1 which parallel connection is carried out to this output load in the node of both the transmission lines, and resonates on a two-times wave frequency, The bias transmission line 9 which the end was connected to the output terminal of this amplifier 3, and the other end short-circuited in high frequency, A preparation, these 1st and 2nd transmission lines 7 and 8, and this bias transmission line 9 The impedance which compounded the impedance in this output load and the fundamental wave of this 3 time wave series resonant circuit 6 is changed by this 1st transmission line 7. The impedance which furthermore compounded the changed this impedance and the impedance in the fundamental wave of this two-times wave series resonant circuit 1 It has the die length changed into the impedance from which the effectiveness of this amplifier 3 serves as max according to this 2nd transmission line 8 and this bias transmission line 9, respectively.

[0039] (2) Operation : this is the case where the amount of oppression of a two-times wave other than the amount of oppression of a wave must be increased 3 times. Since the load of a fundamental wave shifts from a target value when the frequency precision of the resonance circuit of a two-times wave is raised, as opposed to a fundamental wave, the load conditions of a fundamental wave are doubled using about 1/8 wave of bias transmission line 9 so that it may not be influenced of a two-times wave and a 3 time wave.

[0040] The load conditions in this case are a fundamental wave f_0 by calculating impedance point A4 corresponding to impedance point A3 of drawing 9 - C3 - C4, performing phase rotation by the impedance Z43 of the 2nd transmission line 8 to this further, and performing impedance conversion by the impedance Z44 in the bias transmission line 9 to this, as shown in drawing 10. The maximum effectiveness point K is acquired.

[0041] This invention (the 5) : [5] In drawing 5 and drawing 11 (1) means: this invention In the high-frequency amplifier of this invention (the 3) shown in drawing 3, exchange the wave series resonant circuit 6 and this two-times wave series resonant circuit 1 these 3 times, and it uses. The impedance to which these 1st and 2nd transmission lines 7 and 8 compounded this output load and the impedance in the fundamental wave of this two-times wave series resonant circuit 1 is changed by this 1st transmission line 7. The impedance which furthermore compounded the changed this impedance and the impedance in the fundamental wave of this 3 time wave series resonant circuit 6 has the die length changed into the impedance from which the effectiveness of this amplifier 3 serves as max by this 2nd transmission line 8, respectively.

[0042] (2) Operation : in drawing 3, this invention replaces the wave series resonant circuit 6 and the two-times wave series resonant circuit 1 3 times, use it, support impedance point A5 of drawing 11 impedance point A3 in the Smith chart in drawing 9 - whose C3 are the Smith charts of this invention - C5, and the view is the same.

[0043] Therefore, a wave series resonant circuit may be brought to the output terminal side of the high-frequency amplifier 3 times by the ease of realizing of the load

conditions of a fundamental wave, and a two-times wave series resonant circuit may be brought.

[0044] This invention (the 6) : [6] In drawing 6 and drawing 12 (1) means: this invention In the high-frequency amplifier of this invention (the 4) shown in drawing 4 , exchange the wave series resonant circuit 6 and this two-times wave series resonant circuit 1 these 3 times, and it uses. The impedance to which these 1st and 2nd transmission lines 7 and 8 and this bias transmission line 9 compounded this output load and the impedance in the fundamental wave of this two-times wave series resonant circuit 1 is changed by this 1st transmission line 7. The impedance which furthermore compounded the changed this impedance and the impedance in the fundamental wave of this 3 time wave series resonant circuit 6 It has the die length changed into the impedance from which the effectiveness of this amplifier 3 serves as max according to this 2nd transmission line 8 and this bias transmission line 9, respectively.

[0045] (2) Operation : the load conditions in this case are a fundamental wave f_0 by searching for the impedance points A6-C6 corresponding to impedance point A5 of drawing 11 - C5, performing phase rotation by the impedance Z63 of the 2nd transmission line 8 to this further, and performing impedance conversion by the impedance Z64 in the bias transmission line 9 to this, as shown in the Smith chart of drawing 12 . The maximum effectiveness point K is acquired.

[0046] [7] this invention (the 7): -- drawing 13 (1) means: -- in this invention, in the high-frequency amplifier of drawing 2 and this invention (the 2, 4, 6) shown in 4 and 6, when the phase of the two-times wave which gives the maximum effectiveness of this amplifier 3 is larger than 180 degrees, this bias transmission line is considering as the transmission line shorter than the quarter-wave length of a fundamental wave.

[0047] (2) Operation : there are some from which power load effectiveness serves as max with a phase with the larger phase of a two-times wave than 180 degrees as shown in drawing 15 depending on an amplifier. In such a case, about the die length of drawing 2 and the bias transmission line in 4 and 6, as shown in drawing 13 , it is a fundamental wave f_0 . The phase of a two-times wave can be made into the target point K by making it the impedance point R3 (impedance point in case R4 does not have the bias transmission line) somewhat shorter than quarter-wave length.

[0048]

[Example] Drawing 16 is what showed the example of the high-frequency amplifier of the high-frequency amplifier concerning this invention shown especially in drawing 4 , and shows the same part as drawing 4 with the same sign among drawing.

[0049] In this high-frequency amplifier 10, it connects with an output terminal 11, and the series resonant circuit 6 is grounded by the through hole 12. This output terminal 11 is connected to a series resonant circuit 1 via the 1st transmission line 7, and this series resonant circuit 1 is grounded by the through hole 13.

[0050] Furthermore, the 1st transmission line 7 is connected to the 2nd transmission line 8, and this transmission line 8 is connected to the output terminal 14 of FET3 as an amplifier.

[0051] The bias transmission line 9 is connected to this output terminal 14, and it connects with the through hole 16 from the capacitor 15 further for a high frequency short circuit. Moreover, the power supply terminal 17 is connected to this capacitor 15.

[0052] Although a circuit can be miniaturized in this example if a chip capacitor is used for the capacitor of series resonant circuits 1 and 6, the magnitude of the inductor which doubled the land for this internal inductance, connection Rhine, or soldering is

0.4-0.6nH, and it is suitable magnitude to realize this invention with a 900MHz band.
[0053] Moreover, the transmission lines 7 and 8 are the microstrip lines of 0.04 waves of die length of a fundamental wave mostly, and the die length of the bias line 9 of a single-sided short circuit is 0.11 waves.

[0054]

[Effect of the Invention] When parallel connection of a two-times wave or the 3 time wave series resonant circuit is carried out to an output load at the output terminal side of an amplifier according to the high-frequency amplifier applied to this invention as explained above, Insertion connection of the transmission line is made between them. Or since it constituted so that the impedance which compounded this output load and the impedance in the fundamental wave of this series resonant circuit by connecting the bias transmission line to the output terminal of an amplifier might be changed into the impedance from which this magnification efficiency of element becomes max A fundamental-wave matching circuit and a higher-harmonic load circuit can be summarized, with the miniaturization of a circuit is attained. Thereby, a fundamental-wave load circuit can be brought close to an amplifier, and broadband-ization is realized.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-263979

(43) 公開日 平成7年(1995)10月13日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 3 F 3/60

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-48295

(22) 出願日 平成6年(1994)3月18日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 馬庭 透

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

株式会社富士通研究所内

(74) 代理人 弁理士 茂泉 修司

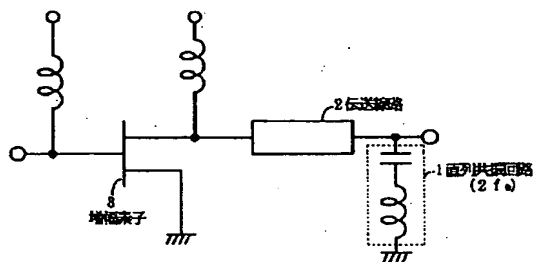
(54) 【発明の名称】 高周波増幅器

(57) 【要約】

【目的】 高周波を高効率に増幅する増幅器に関し、基本波整合回路と高調波負荷回路をひとつにまとめることによって回路の小型化を図り、基本波負荷回路を増幅素子に近づけることで広帯域化を図る。

【構成】 増幅素子の出力端子側に二倍波又は三倍波直列共振回路を出力負荷と並列接続する場合、その間に伝送線を挿入接続し、或いは増幅素子の出力端子にパイアス伝送線を接続することにより該出力負荷と該直列共振回路の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスを該増幅素子の効率が最大になるインピーダンスに変換する。

本発明（その1）の原理構成図



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する直列共振回路(1)と、増幅素子(3)と該出力負荷との間に接続され該出力負荷と該直列共振回路(1)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスを該増幅素子(3)の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さを有する伝送線路(2)と、を備えたことを特徴とした高周波増幅器。

【請求項2】 出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する直列共振回路(1)と、増幅素子(3)と該出力負荷との間に接続されインピーダンス変換する所定の長さを有する伝送線路(4)と、該増幅素子(3)の出力端子に一端が接続され他端が高周波的に短絡され、該伝送線路(4)と協動して該出力負荷と該直列共振回路(1)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスを該増幅素子(3)の効率が最大となるインピーダンスに変換する波長路を有するバイアス伝送線路(5)を設けることにより基本波の負荷を与えることを特徴とした高周波増幅器。

【請求項3】 出力負荷に並列接続され三倍波周波数で共振する直列共振回路(6)と、増幅素子(3)と該出力負荷との間に直列接続された第1及び第2の伝送線路(7、8)と、両伝送線路の接続点で該出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する直列共振回路(1)と、を備え、該第1及び第2の伝送線路(7、8)が、該出力負荷と該三倍波直列共振回路(6)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路(7)によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該二倍波直列共振回路(1)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路(8)により該増幅素子(3)の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さをそれぞれ有していることを特徴とした高周波増幅器。

【請求項4】 出力負荷に並列接続され三倍波周波数で共振する直列共振回路(6)と、増幅素子(3)と該出力負荷との間に直列接続された第1及び第2の伝送線路(7、8)と、両伝送線路の接続点で該出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する直列共振回路(1)と、該増幅素子(3)の出力端子に一端が接続され他端が高周波的に短絡されたバイアス伝送線路(9)と、を備え、該第1及び第2の伝送線路(7、8)及び該バイアス伝送線路(9)が、該出力負荷と該三倍波直列共振回路(6)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路(7)によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該二倍波直列共振回路(1)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路

2

(8)及び該バイアス伝送線路(9)により該増幅素子(3)の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さをそれぞれ有していることを特徴とした高周波増幅器。

【請求項5】 請求項3に記載の高周波増幅器において、該三倍波直列共振回路(6)と該二倍波直列共振回路(1)とを交換して用い、該第1及び第2の伝送線路(7、8)が、該出力負荷と該二倍波直列共振回路(1)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路(7)によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該三倍波直列共振回路(6)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路(8)により該増幅素子(3)の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さをそれぞれ有していることを特徴とした高周波増幅器。

【請求項6】 請求項4に記載の高周波増幅器において、該三倍波直列共振回路(6)と該二倍波直列共振回路(1)とを交換して用い、該第1及び第2の伝送線路(7、8)及び該バイアス伝送線路(9)が、該出力負荷と該二倍波直列共振回路(1)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路(7)によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該三倍波直列共振回路(6)の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路(8)及び該バイアス伝送線路(9)により該増幅素子(3)の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さをそれぞれ有していることを特徴とした高周波増幅器。

【請求項7】 請求項2、4、又は6に記載の高周波増幅器において、該増幅素子(3)の最大効率を与える二倍波の位相が 180° より大きいとき、該バイアス伝送線路が、基本波の $1/4$ 波長より短い伝送線路であることを特徴とした高周波増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は高周波増幅器に関し、特に高周波を高効率に増幅する増幅器に関するものである。

【0002】 高周波増幅器の出力信号には高調波成分が含まれるため、その増幅効率を高くするためには、奇数次高調波を短絡(ショート)、偶数次高調波を開放(オープン)として該高調波成分中からできるだけ基本波成分のみを取り出して増幅動作する必要がある。

【0003】

【従来の技術】 上記のように高い効率で動作させるための増幅器としては、従来より図17に示すようなF級増幅器が知られている。

【0004】 このF級増幅器では増幅素子(FET)31にバイアス用のコイル35、36を接続し、そのバイ

アスをピンチオフ近傍に設定している。

【0005】そして、この増幅素子31に基本波の1/4波長の伝送線路32を接続し、この伝送線路32に基本波並列共振回路33を接続すると共に高調波の負荷条件に影響を与えないように後段に基本波整合回路34を接続する。

【0006】この場合、二倍波以上の高調波では並列共振回路33はほぼ短絡とみなせる。また、増幅器の出力に含まれる高調波成分は二倍波と三倍波が大きいので、通常は二倍波だけ、または二倍波と三倍波だけを考慮すればよいので、二倍波と三倍波について説明する。

【0007】二倍波の場合は伝送線路32の中点Bで開放となるため増幅素子31の出力端子においては負荷を短絡状態とし、三倍波の場合は伝送線路32の1/3点Cで開放、1/3点Aで短絡となるため増幅素子31の出力端子において負荷を開放状態とすることができる。

【0008】これにより、基本波整合回路34には高調波は与えられず基本波のみが与えられて負荷と整合され、最大出力が取り出される。

【0009】また、図18に示す従来例の場合には、増幅素子31と基本波整合回路34との間に三倍波並列共振回路37を挿入すると共にこの並列共振回路37と整合回路34の接続点と接地電位との間に二倍波直列共振回路38を接続している。

【0010】従って、二倍波は三倍波共振回路37のコイルを通して直列共振回路38で短絡状態となるため増幅素子31の出力端子では負荷を短絡し、三倍波の場合は並列共振回路37で阻止されるため増幅素子31の出力端子で開放状態となる。

【0011】更に図19の従来例の場合には、図18における基本波整合回路34と増幅素子31の出力端子との間に1/12波長伝送線路39と1/6波長伝送線路40を接続し、これらの伝送線路39と40の接続点と接地電位との間に三倍波直列共振回路41を接続している。

【0012】従って、この場合にも同様にして二倍波共振回路38で二倍波が短絡され、三倍波共振回路41で三倍波が短絡されるので、伝送線路40及び39を経由する結果、増幅素子31の出力端子では、二倍波は短絡状態となり、三倍波は開放状態となる。

【0013】このようにして、入力される高周波信号中の基本波成分のみが増幅され、基本波整合回路34を経由して出力される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】このように従来の増幅器は基本波、第二高調波、第三高調波に対する共振回路をそれぞれ独立に設けている。また、基本波整合回路、高調波共振回路、及び増幅素子に電源を供給するバイアス回路も独立した回路であるため、回路の小型化が難しかった。

【0015】また、基本波の整合回路は高調波の負荷条件に影響を与えないように高調波処理回路よりも増幅器から遠い位置に設けなくてはならなかったため、帯域を広く取るのが難しいという問題点があった。

【0016】そこで本発明は、基本波整合回路と高調波負荷回路をひとつにまとめることによって回路の小型化を図り、基本波負荷回路を増幅素子に近づけることで広帯域化を図った高周波増幅器を実現することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段及び作用】

【1】本発明（その1）：図1、図7

（1）手段：本発明では、図1に示すように、出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する直列共振回路1と、増幅素子3と該出力負荷との間に接続され該出力負荷と該直列共振回路1の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスを該増幅素子3の効率が最大になるインピーダンスに変換する長さを有する伝送線路2とを備えている。

【0018】（2）作用：図1に示した本発明（その1）の構成は、増幅器効率を改善するための最も簡単な構成で二倍波のみを考慮している。

【0019】通常、大きなインダクタを作るのは難しいので二倍波直列共振回路1は容量成分が大きくなる。したがって、共振周波数が二倍波から少し離れても十分短絡状態となる。

【0020】例えば、基本波に必要な負荷は図7のスミス図表に示すようになる。即ち、出力負荷の点Oから出力負荷と二倍波直列共振回路1の基本波 f_0 におけるインピーダンスとの合成インピーダンスは点A1となる。これに更に伝送線路2によりインピーダンスZ1分の位相回転が行われることにより、予め実験等で求められている最大効率を与える基本波 f_0 のインピーダンス点Kになる。

【0021】このようにして、伝送線路2の長さで直列共振回路1の基本波 f_0 に対するインピーダンスの大きさを基本波 f_0 の負荷条件に合うようにすると、基本波 f_0 の位相は図7の点Kの位置となり、本高周波増幅器を高効率動作させることができる。

【0022】上記の場合は基本波 f_0 についての最大効率を得る負荷条件を示したが、二倍波 $2f_0$ の電力付加効率についての位相範囲は図14に示したようになるので、この二倍波 $2f_0$ の場合も高効率動作が得られるか否かを検討してみなければならない。

【0023】上記のように伝送線路2によって位相回転させるとき、二倍波 $2f_0$ の負荷は図示の如く直列共振回路1の二倍波におけるインピーダンス点R1から増幅素子3から見た二倍波 $2f_0$ のインピーダンス点R2まで基本波の2倍に相当する位相回転を行う。図示の例では、インピーダンス点R2の位相は約 100° である。

【0024】一方、図14は、FET等の増幅素子3の二倍波の位相に対する電力付加効率を示しており、位相が 180° 近辺では効率が悪いが、 100° から小さくなるに連れて効率が良くなっている。そして、 100° 以下では位相が小さくなると効率がわずかに良くなっていくが、ほんの1%である。

【0025】したがって、この場合、二倍波の位相を 100° 以下の位相にすればよいということになり、図7に示したインピーダンス点R2はこれを満たしていることが分かる。

【0026】〔2〕本発明（その2）：図2、図8

（1）手段：本発明では、図2に示すように、出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する直列共振回路1と、増幅素子3と該出力負荷との間に接続されインピーダンス変換する所定の長さを有する伝送線路4と、該増幅素子3の出力端子に一端が接続され他端が高周波的に短絡され、該伝送線路4と協動して該出力負荷と該直列共振回路1の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスを該増幅素子3の効率が最大になるインピーダンスに変換する波長路を有するバイアス伝送線路5を設けることにより基本波の負荷を与えている。

【0027】（2）作用：高周波増幅器に必要とされる特性で高調波の抑圧量というものがあり、これを大きくとらなければならない場合がある。この場合は二倍波直列共振回路1の共振周波数を二倍波に等しくしても基本波の負荷は目標とする点Kからずれてしまう。

【0028】そこで、図2の様に伝送線路4に加えてバイアス伝送線路5の一端を高周波的に短絡し、増幅素子3の出力に接続して、その長さを基本波の負荷を満たすように決定すれば増幅器が構成できる。長さは二倍波の位相に影響を与えないように（例えば基本波の $1/8$ 波長近辺）にする。

【0029】これを図8のスミス図表で説明すると、出力負荷の点Oから出力負荷と二倍波直列共振回路1の基本波 f_0 におけるインピーダンスとの合成インピーダンスは点A2となる。これに更に伝送線路4によりインピーダンス Z_{21} 分の位相回転が行われることによりインピーダンス点B2になる。

【0030】この点B2からさらに、バイアス伝送線路5の存在により図示の如く実数部が一定で虚数部のみインピーダンス Z_{22} 分変化させると、上記の最大効率を与えるインピーダンス点Kに至る。

【0031】尚、図8には簡略化のため二倍波及び三倍波についての負荷条件は示されていない。

【0032】〔3〕本発明（その3）：図3、図9

（1）手段：本発明では、図3に示すように、出力負荷に並列接続され三倍波周波数で共振する直列共振回路6と、増幅素子（3）と該出力負荷との間に直列接続された第1及び第2の伝送線路7、8と、両伝送線路の接続点で該出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する

直列共振回路1と、を備え、該第1及び第2の伝送線路7、8が、該出力負荷と該三倍波直列共振回路6の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路7によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該二倍波直列共振回路1の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路8により該増幅素子3の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さをそれぞれ有している。

10 【0033】（2）作用：上記の場合は二倍波の影響のみを考慮したが、三倍波 $3f_0$ の抑圧量の条件も考慮する場合には、図3に示すように三倍波に共振する直列共振回路6を図1の構成に付加すればよい。

【0034】前述したように、直列共振回路では容量成分の方が大きいから、三倍波 $3f_0$ に対する周波数の精度はあまりいらぬ。三倍波に対する負荷条件はほぼ開放（位相 0° ）であるが、位相の回転が基本波 f_0 に対して三倍なので、図14に示す様な二倍波の位相になるように回路を構成すると三倍波の位相はほぼ十分な値になる。

【0035】これを図9のスミス図表で説明すると、出力負荷の点Oから出力負荷と三倍波直列共振回路6の基本波 f_0 におけるインピーダンスとの合成インピーダンスは点A3となる。これに更に第1の伝送線路7によりインピーダンス Z_{31} 分の位相回転が行われることによりインピーダンス点B3になる。

【0036】この点B3のインピーダンスと二倍波直列共振回路1の基本波 f_0 におけるインピーダンスとの合成インピーダンスは点C3となる。これに更に第2の伝送線路8によりインピーダンス Z_{33} 分の位相回転が行われることにより上記の最大効率を与えるインピーダンス点Kに至る。

【0037】尚、この図9でも簡略化のため二倍波及び三倍波についての負荷条件は示されていない。

【0038】〔4〕本発明（その4）：図4、図10

（1）手段：本発明は図4に示すように、出力負荷に並列接続され三倍波周波数で共振する直列共振回路6と、増幅素子3と該出力負荷との間に直列接続された第1及び第2の伝送線路7、8と、両伝送線路の接続点で該出力負荷に並列接続され二倍波周波数で共振する直列共振回路1と、該増幅素子3の出力端子に一端が接続され他端が高周波的に短絡されたバイアス伝送線路9と、を備え、該第1及び第2の伝送線路7、8及び該バイアス伝送線路9が、該出力負荷と該三倍波直列共振回路6の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路7によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該二倍波直列共振回路1の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路8及び該バイアス伝送線路9により該増幅素子3の効率が最大となるインピーダンスに変

換する長さをそれぞれ有している。

【0039】(2)作用：これは、三倍波の抑圧量の他に二倍波の抑圧量を増やさなければいけない場合である。二倍波の共振回路の周波数精度を高めた場合は、基本波の負荷が目標とする値からずれてくるので、二倍波及び三倍波の影響を受けないように基本波に対して例えば1/8波長程度のバイアス伝送線路9を用いて基本波の負荷条件を合わせる。

【0040】この場合の負荷条件は図10に示す如く、図9のインピーダンス点A3～C3に対応するインピーダンス点A4～C4を求め、これにさらに第2の伝送線路8のインピーダンスZ43による位相回転を行い、これにバイアス伝送線路9でのインピーダンスZ44によるインピーダンス変換を行うことにより基本波f。での最大効率点Kが得られる。

【0041】〔5〕本発明(その5)：図5、図11

(1)手段：本発明では、図3に示した本発明(その3)の高周波増幅器において、該三倍波直列共振回路6と該二倍波直列共振回路1とを交換して用い、該第1及び第2の伝送線路7、8が、該出力負荷と該二倍波直列共振回路1の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路7によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該三倍波直列共振回路6の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路8により該増幅素子3の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さをそれぞれ有している。

【0042】(2)作用：本発明は図3において三倍波直列共振回路6と二倍波直列共振回路1とを入れ替えて用いたものであり、図9におけるスミス図表におけるインピーダンス点A3～C3が本発明のスミス図表である図11のインピーダンス点A5～C5に対応しており、考え方は同様である。

【0043】従って、基本波の負荷条件の実現し易さによって高周波増幅器の出力端子側に三倍波直列共振回路を持ってきてよいし、二倍波直列共振回路を持ってきてよい。

【0044】〔6〕本発明(その6)：図6、図12

(1)手段：本発明では、図4に示した本発明(その4)の高周波増幅器において、該三倍波直列共振回路6と該二倍波直列共振回路1とを交換して用い、該第1及び第2の伝送線路7、8及び該バイアス伝送線路9が、該出力負荷と該二倍波直列共振回路1の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが該第1の伝送線路7によって変換され、さらに該変換されたインピーダンスと該三倍波直列共振回路6の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスが、該第2の伝送線路8及び該バイアス伝送線路9により該増幅素子3の効率が最大となるインピーダンスに変換する長さをそれぞれ有している。

【0045】(2)作用：この場合の負荷条件は図12のスミス図表に示す如く、図11のインピーダンス点A5～C5に対応するインピーダンス点A6～C6を求め、これにさらに第2の伝送線路8のインピーダンスZ63による位相回転を行い、これにバイアス伝送線路9でのインピーダンスZ64によるインピーダンス変換を行うことにより基本波f。での最大効率点Kが得られる。

【0046】〔7〕本発明(その7)：図13

(1)手段：本発明では、図2、4、6に示した本発明(その2、4、6)の高周波増幅器において、該増幅素子3の最大効率を与える二倍波の位相が180°より大きいとき、該バイアス伝送線路が、基本波の1/4波長より短い伝送線路としている。

【0047】(2)作用：増幅素子によっては図15に示すように二倍波の位相が180°よりも大きい位相で電力負荷効率が最大となるものもある。このような場合は、図2、4、6の場合のバイアス伝送線路の長さを、図13に示すように、基本波f。の1/4波長よりも少し短いインピーダンス点R3(R4はバイアス伝送線路がない場合のインピーダンス点)にすることで二倍波の位相を目的の点Kにすることができる。

【0048】

【実施例】図16は、本発明に係る高周波増幅器のうちの特に図4に示した高周波増幅器の実施例を示したもので、図中、図4と同じ部分は同じ符号で示している。

【0049】この高周波増幅器10において、直列共振回路6は出力端子11に接続され且つスルーホール12により接地されている。この出力端子11は第1の伝送線路7を経由して直列共振回路1に接続され、この直列共振回路1はスルーホール13により接地されている。

【0050】さらに、第1の伝送線路7は第2の伝送線路8に接続され、この伝送線路8は増幅素子としてのFET3の出力端子14に接続されている。

【0051】この出力端子14にはバイアス伝送線路9が接続され、さらに高周波短絡用のコンデンサ15よりスルーホール16に接続されている。また、このコンデンサ15には電源端子17が接続されている。

【0052】この実施例では、直列共振回路1、6のコンデンサにチップキャパシタを用いると回路を小型化できるが、この内部インダクタンスと接続ラインや半田付け用のランドを合わせたインダクタの大きさが0.4～0.6nHであり、900MHz帯で本発明を実現するのに適当な大きさである。

【0053】また、伝送線路7、8はほぼ基本波の0.04波長の長さのマイクロストリップラインであり、片側短絡のバイアスライン9の長さは0.11波長である。

【0054】

50 【発明の効果】以上説明したように本発明に係る高周波

THIS PAGE BLANK (USPTO)

増幅器によれば、増幅素子の出力端子側に二倍波又は三倍波直列共振回路を出力負荷と並列接続する場合、その間に伝送線を挿入接続し、或いは増幅素子の出力端子にバイアス伝送線を接続することにより該出力負荷と該直列共振回路の基本波におけるインピーダンスとを合成したインピーダンスを該増幅素子の効率が最大になるインピーダンスに変換するように構成したので、基本波整合回路及び高調波負荷回路をまとめることができ、以て回路の小型化が図られる。これにより、基本波負荷回路を増幅素子に近づけることができ、広帯域化が実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る高周波増幅器の原理構成（その1）を示した回路図である。

【図2】本発明に係る高周波増幅器の原理構成（その2）を示した回路図である。

【図3】本発明に係る高周波増幅器の原理構成（その3）を示した回路図である。

【図4】本発明に係る高周波増幅器の原理構成（その4）を示した回路図である。

【図5】本発明に係る高周波増幅器の原理構成（その5）を示した回路図である。

【図6】本発明に係る高周波増幅器の原理構成（その6）を示した回路図である。

【図7】本発明に係る高周波増幅器の作用（その1）におけるインピーダンス変換を行うためのスミス図表である。

【図8】本発明に係る高周波増幅器の作用（その2）におけるインピーダンス変換を行うためのスミス図表である。

【図9】本発明に係る高周波増幅器の作用（その3）におけるインピーダンス変換を行うためのスミス図表である。

【図10】本発明に係る高周波増幅器の作用（その4）におけるインピーダンス変換を行うためのスミス図表である。

【図11】本発明に係る高周波増幅器の作用（その5）におけるインピーダンス変換を行うためのスミス図表である。

【図12】本発明に係る高周波増幅器の作用（その6）におけるインピーダンス変換を行うためのスミス図表である。

【図13】本発明に係る高周波増幅器の作用（その7）を説明するためのスミス図表である。

【図14】高周波増幅素子の二倍波位相と電力付加効率との関係を示した特性グラフ図である。

【図15】別の高周波増幅素子の二倍波位相と電力付加効率との関係を示した特性グラフ図である。

【図16】本発明に係る高周波増幅器の構成（その4）の実施例を示したチップ形成平面図である。

【図17】従来例（その1）を示した回路図である。

【図18】従来例（その2）を示した回路図である。

【図19】従来例（その3）を示した回路図である。

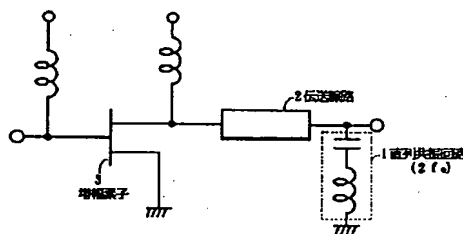
【符号の説明】

- 1 二倍波直列共振回路
- 2, 4, 7, 8 伝送線路
- 3 増幅素子 (FET)
- 5, 9 バイアス伝送線路

図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

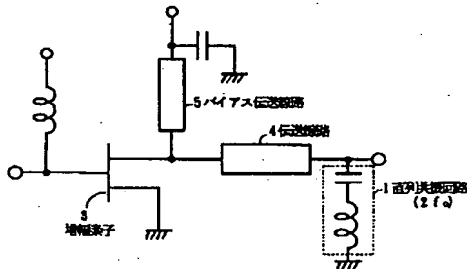
【図1】

本発明（その1）の原理構成図



【図2】

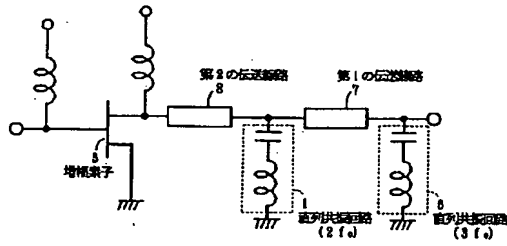
本発明（その2）の原理構成図



THIS PAGE BLANK (USPTO)

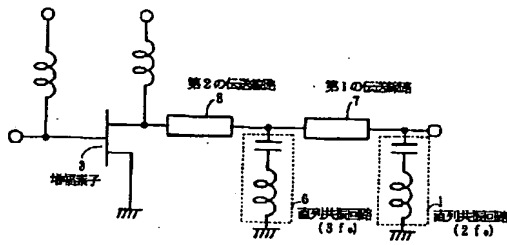
【図3】

本発明（その3）の原理構成図

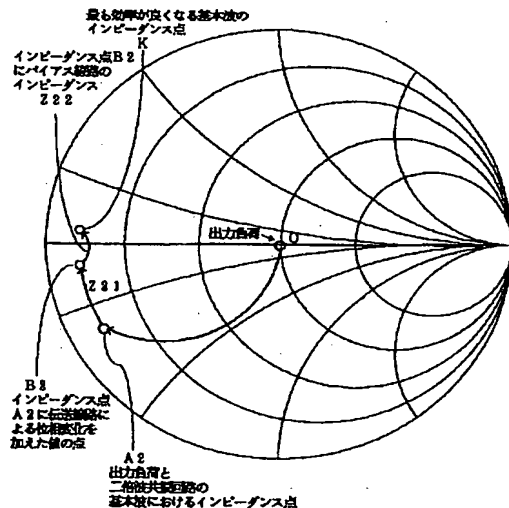


【図5】

本発明（その5）の原理構成図



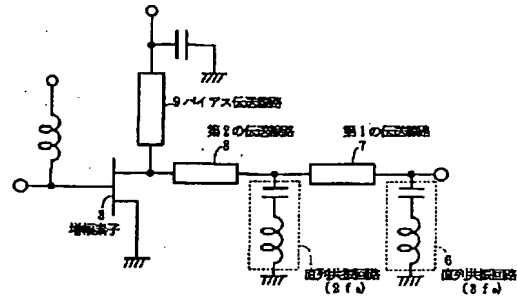
【図8】

本発明（その2）のインピーダンス変換の
スミス図表（基本波）

○：基本波によるインピーダンス点

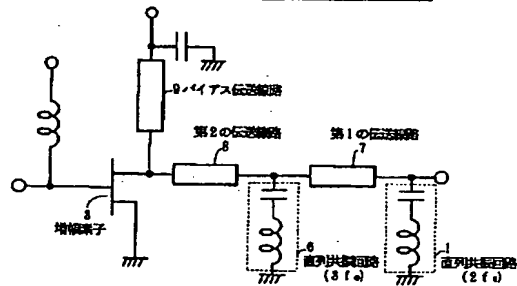
【図4】

本発明（その4）の原理構成図

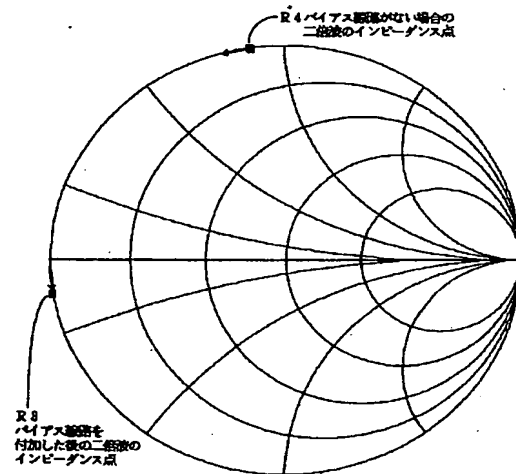


【図6】

本発明（その6）の原理構成図



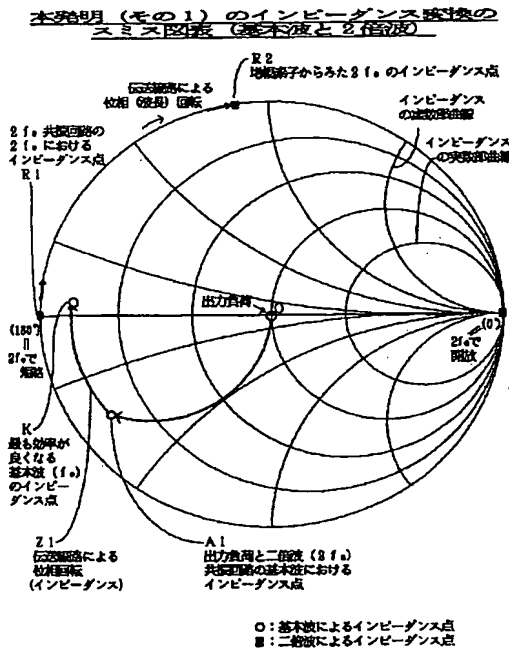
【図13】

本発明（その7）の作用の
スミス図表（2倍波）

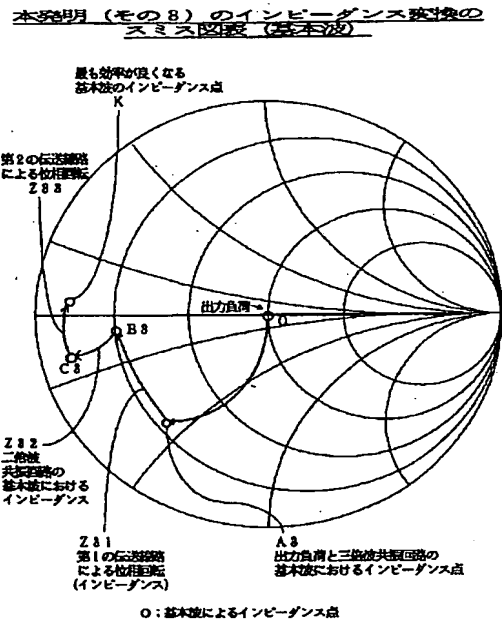
●：二倍波によるインピーダンス点

THIS PAGE BLANK (USPTO)

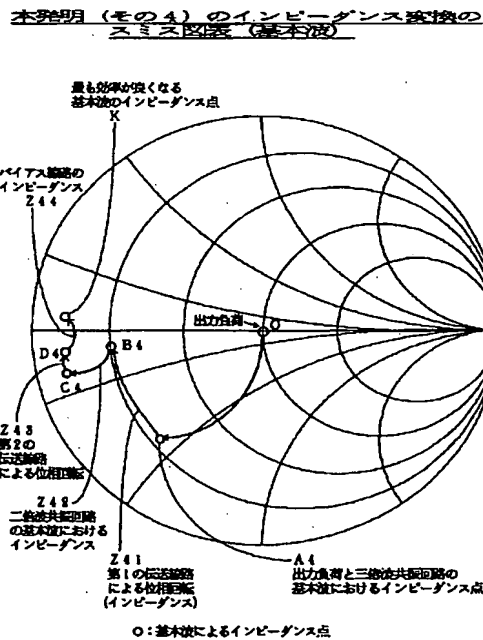
【図7】



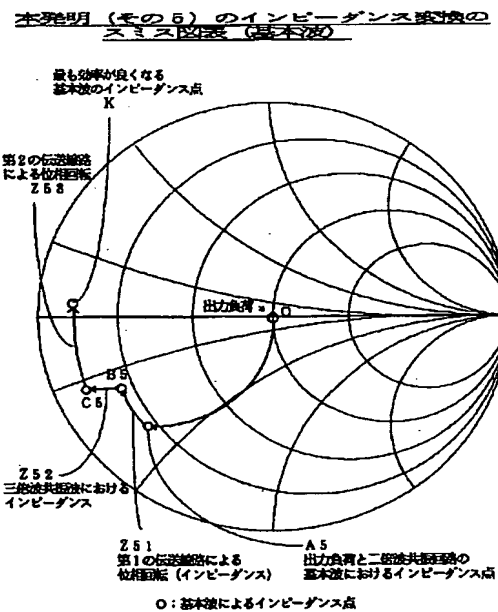
【図9】



【図10】



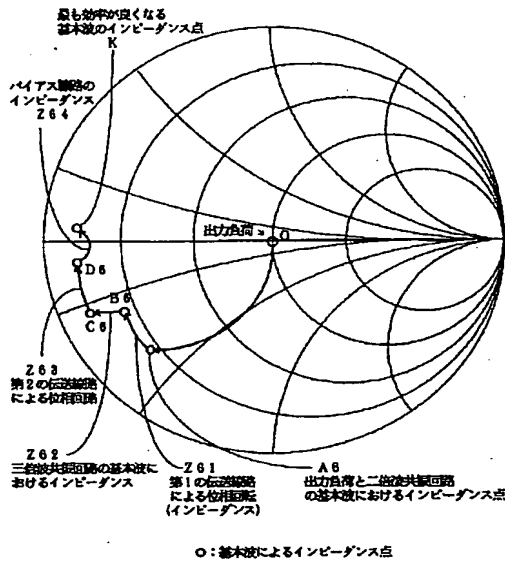
【図11】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

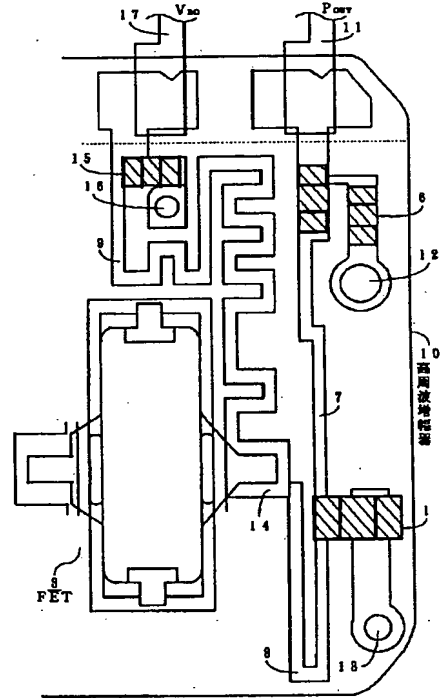
【図12】

本発明（その6）のインピーダンス変換の
スミス図表（基本波）

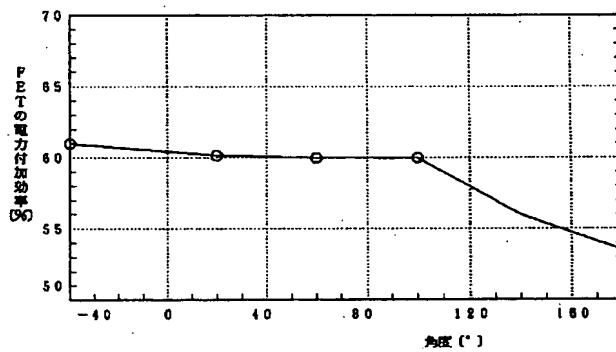


【図16】

本発明の実施例

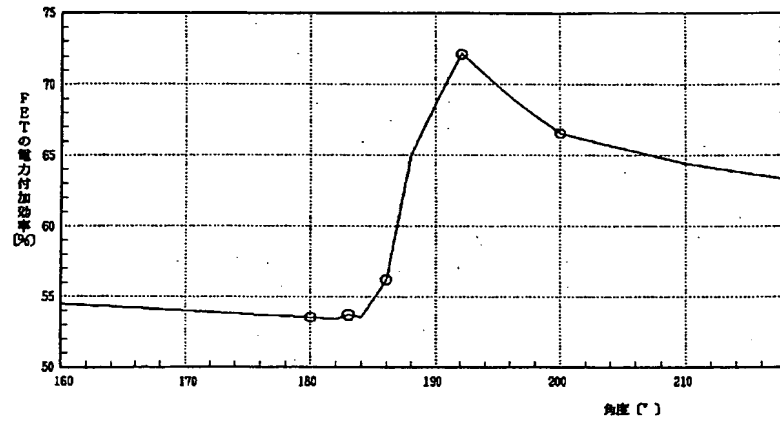


【図14】



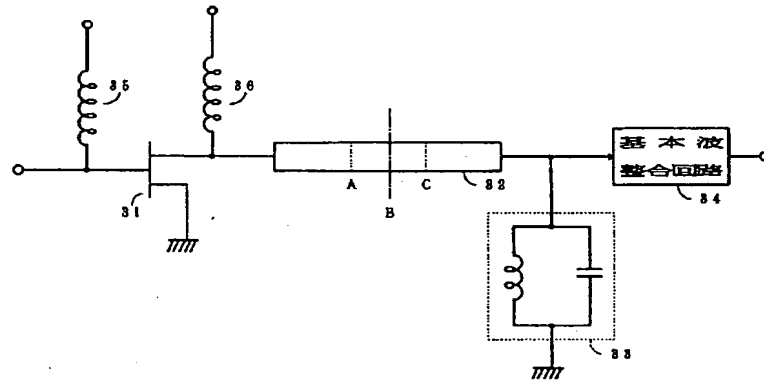
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図15】



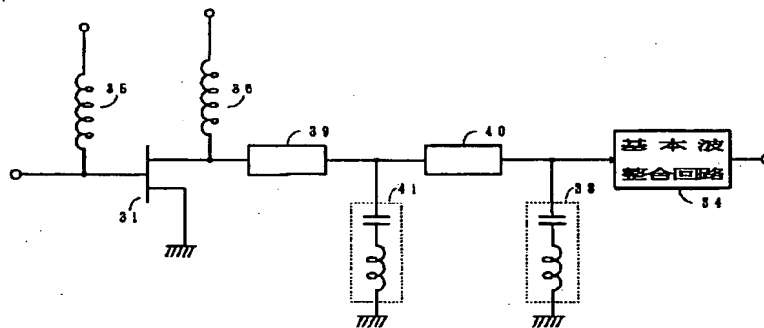
【図17】

従来例 (その1)



【図19】

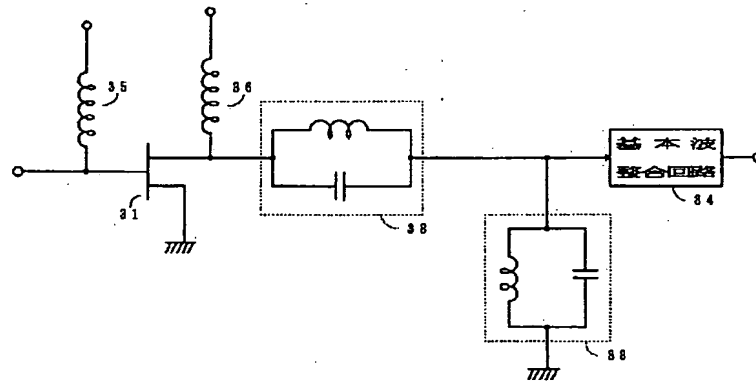
従来例 (その2)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図18】

従来例（その2）



THIS PAGE BLANK (USPTO)